

# 高町団地の盛土崩壊地より採取した中間土の繰返しせん断特性

環境防災研究室 好井健太  
指導教員 大塚 悟

## 1. はじめに

2004年10月23日に起きた新潟県中越地震において、さまざまな地盤被害が発生した。その中でも、宅地造成地における盛土材の崩壊が多く見られた。本研究では地震による盛土崩壊地として新潟県長岡市に位置する高町団地に着目した。

本研究では、盛土崩壊地より採取した中間土の繰返しせん断特性を把握するとともに、盛土崩壊の要因を検討することを目的とする。

## 2. 試料及び試験ケース



図1:高町団地ボーリング調査位置

表1:攪乱・不攪乱試料の物性値

種類	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$w_n$ (%)	$w_L$ (%)	$w_P$ (%)	$I_P$	$I_L$
undisturbed	2.692	30.3	56.7	23.8	32.9	19.8
disturbed	2.689	--	74.0	41.0	33.0	--

表2:攪乱・不攪乱試料の強度定数

種類	$c_{cu}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi_{cu}$ (°)	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
undisturbed	20.9	20.6	0.0	36.9
disturbed	--	--	0.0	36.9

試料(以下、高町土と称す)は新潟県長岡市の高町団地盛土地点より不攪乱及び攪乱試料を採取した。不攪乱試料の採取地点は図1に示すように未崩壊盛土に当たる。攪乱試料は第3工区の斜面崩壊現場にて採取し、2mmふるいにて粒度調整したものを使用する。採取した高町土の攪乱・不攪乱試料の物理特性を表1に示す。シルト質の中間土に分類される。未崩壊盛土の間隙比は $e=0.90$ であるのに対して、崩壊土砂は間隙比が $e=1.30$ であり、吸水膨張を起こしていた。採取試料の強度定数を表2に示すが、両者はほぼ一致している。

中越地震では地震2日前の降雨(台風23号による日雨量100mmを記録)の影響により、土構

表3:試験ケース(飽和試料)

間隙比 $e$	BackPressure (kPa)	繰返し応力振幅比
1.30	200	0.297
		0.245
		0.240
		0.217
		0.206
		0.183
0.90	300	0.670
		0.600
		0.500

表4:試験ケース(含水比調整試料)

間隙比 $e$	飽和度 $S_r$ (%)	繰返し応力振幅比
1.30	20.7	0.225
	51.7	
	72.3	
	82.7	
0.90	14.9	0.500
	59.5	
	74.4	
	89.3	
	98.2	

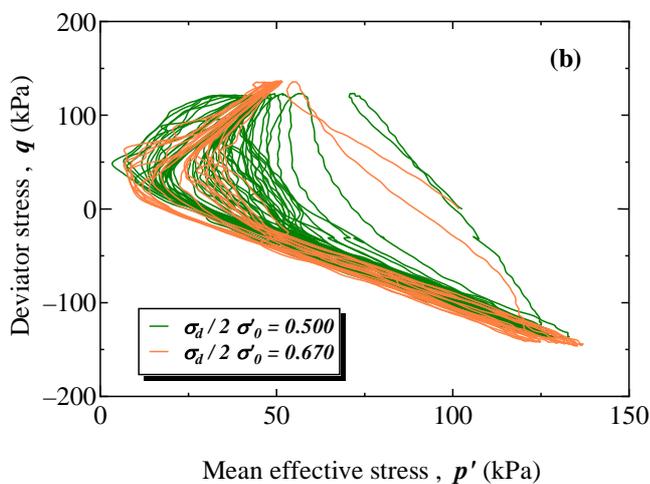
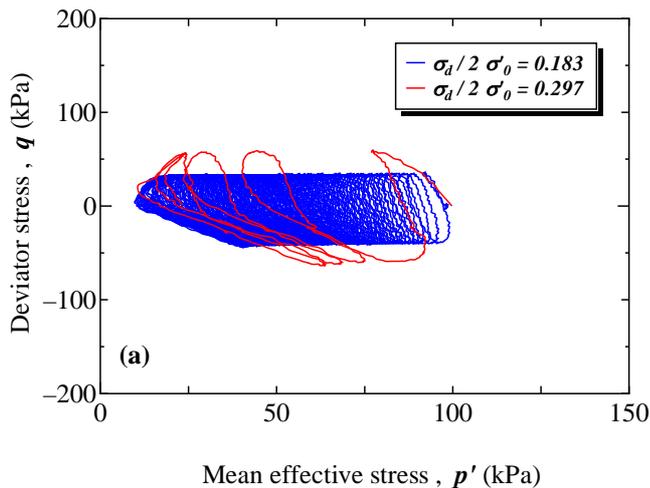


図 2: 有効応力経路((a):  $e=1.30$ , (b):  $e=0.90$ )

造物の被害が拡大したことが指摘されている。第 2 工区及び第 3 工区の斜面崩壊地では盛土が流動化した形跡があり、崩積土は多量の水分を含んでいた。液状化による強度低下が懸念されることから、飽和試料及び含水比調整試料を用い、非排水繰返しせん断試験を実施した。試験ケースを表 3、4 に示す。

### 3. 試験結果

#### 3.1 繰返し非排水試験結果(飽和試料)

図 2-(a)に間隙比  $e=1.30$ (斜面崩壊による崩積盛土), 図 2 - (b)に間隙比  $e=0.90$ (未崩壊の盛土)の有効応力経路を示す。両試料とも過剰間隙水圧の

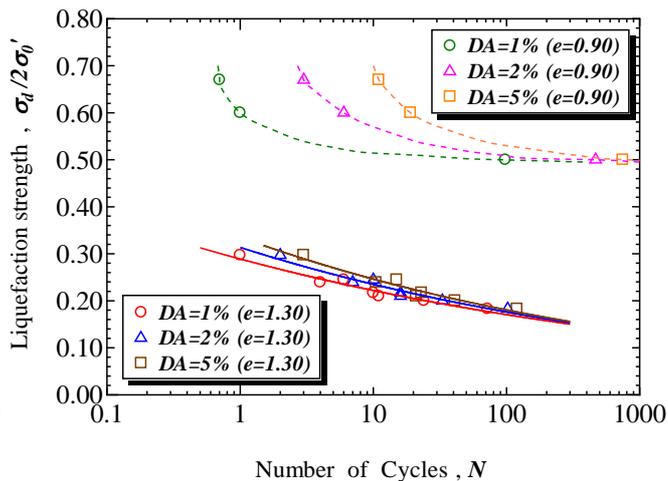


図 3: 液状化強度曲線

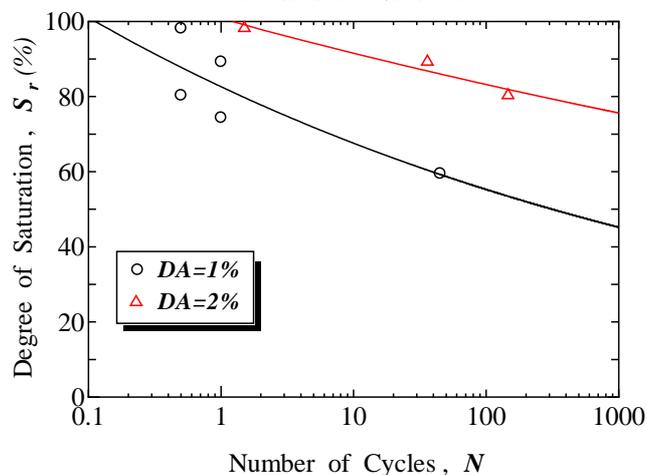


図 4: 飽和度 - 繰返し回数

蓄積による(部分)液状化が生じるも、間隙比による過剰間隙水圧の発生は異なっている。圧縮側では限界状態線を超える有効応力が一部記録された。図 3 に間隙比  $e=1.30, 0.90$  の液状化強度曲線を示す。図 3 より、両試料の液状化強度はそれぞれ 0.225, 0.600 であり、間隙比により強度および強度曲線の形状は異なる。

#### 3.2 飽和度と繰返し回数

飽和試料及び含水比調整試料の繰返し試験結果より、飽和度と繰返し回数の関係を図 4 に示す。図 4 から、飽和度が小さくなると繰返し荷重に対するひずみの発生は抑制され、繰返し強度が大きくなる。しかし、1%ひずみを発生する繰返し回数

では飽和土に対して不飽和土の方が小さく、変形し易いことが分かる。一方、5%ひずみでは飽和度の減少に伴って繰返し回数が増加し、飽和土以上に強度が発現している。不飽和土における初期剛性の低下は興味深いが、その発生及び発生機構については今後の課題である。

### 3.3 逆算水平震度の算出

高町団地の盛土敷設地点で崩壊地となった第2工区及び第3工区について、繰返し載荷試験より得られた液状化強度に基づいて、静的震度法による極限平衡解析により水平震度係数を逆算した。逆算解析では、盛土内の地下水位が不明であることから、地下水位を仮定し解析を行った。表5、6に解析条件を示す。なお、どちらの工区とも土の単位体積重量を $\gamma_t=18.53(\text{kN}/\text{m}^3)$ として逆算を行った。すべり面での強度定数は間隙比 $e=0.90$ の繰返

し試験結果に基づいて、繰返し回数 $N$ に対する液状化強度を用いた(表6)。また、図5に解析モデルの一例を示す。図6は長岡市の調査結果に修正加筆を加えた高町団地第3工区盛土崩壊地概略図を示す。図6より、崩壊によって裏込め土である盛土材が流出したことがわかる。図7、8に逆算解析結果を示す。図7、8より、両工区によりばらつきは見られるが地下水位の設定によらず逆算水平震度係数が0.05~0.20が得られた。また、高町団地に近い防災科学研究所では最大加速度800galの地震波が計測されており、逆算震度係数は盛土崩壊と整合する。地震と降雨の複合災害が地震被害を拡大したが、今回の検討により盛土と原地盤の透水係数の差異による地層境界の飽和化によって崩壊が起こり得ることを明らかにした。

表5: 逆算解析に用いたパラメータ

間隙比 $e$	繰返し回数 $N$	内部摩擦角 $\phi'$ (°)
0.90	2	23.88
	5	23.09
	10	22.50
	20	22.02

表6: 各工区における盛土内水位仮定条件

地下水位の位置			
第2工区	すべり面	地表から4m	地表から3m
第3工区	すべり面	地表から5m	地表から3m

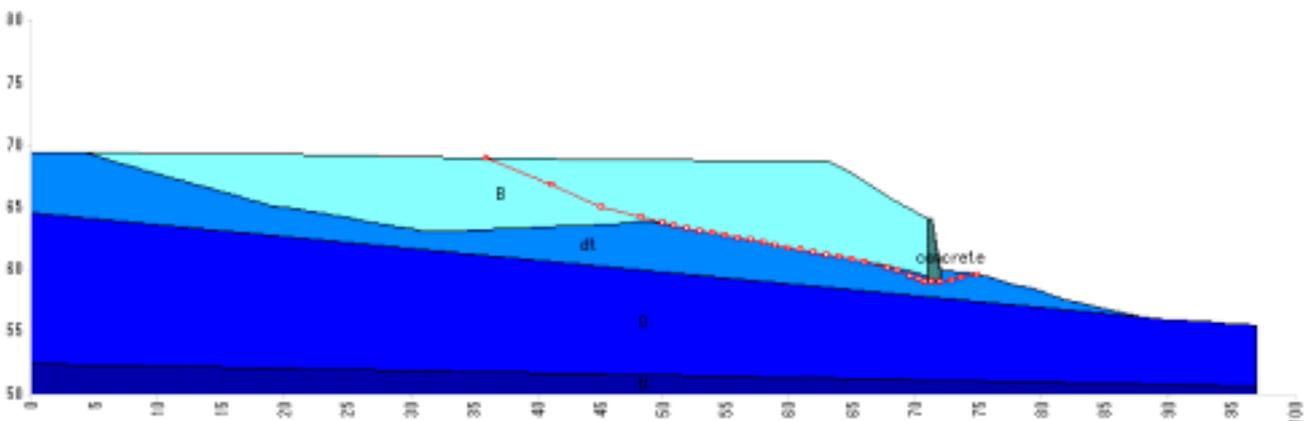


図5: 高町団地盛土崩壊地解析モデルの一例

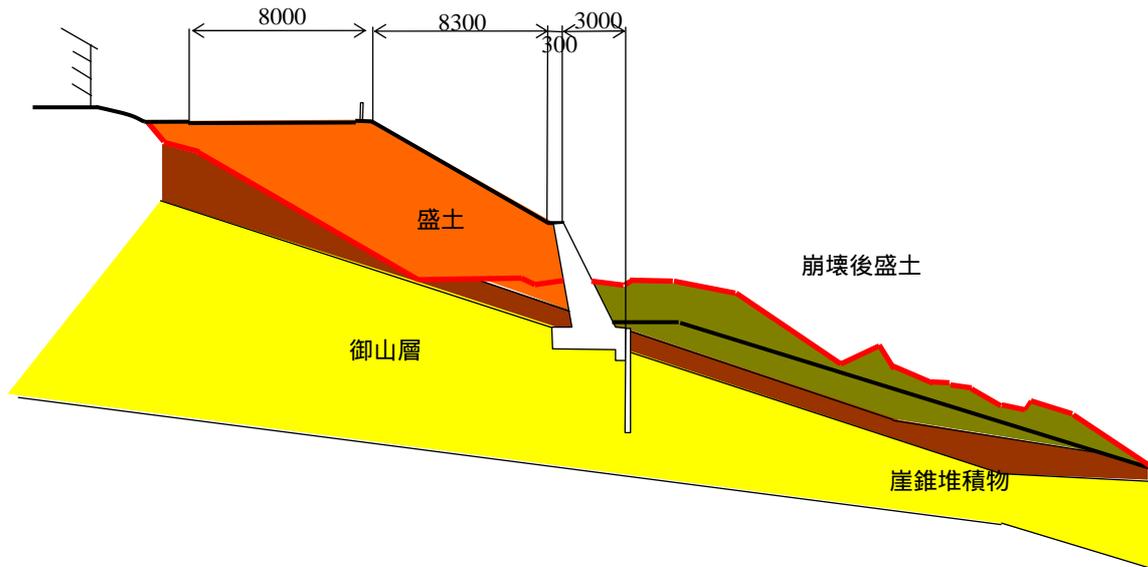


図 6: 高町団地第 3 工区崩壊地概略図(長岡市の調査に加筆)

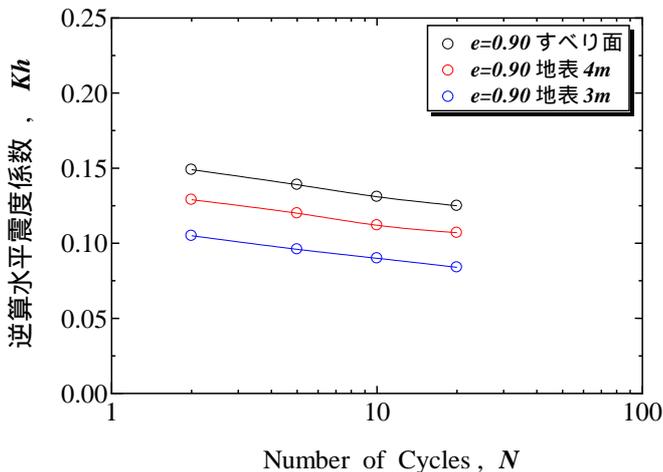


図 7: 高町団地第 2 工区逆算解析結果

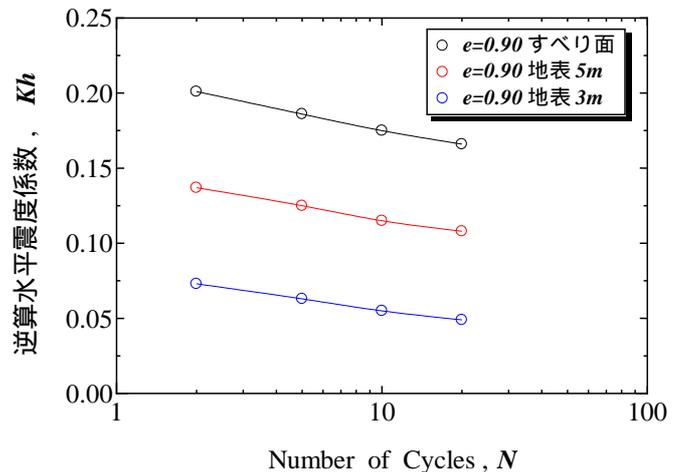


図 8: 高町団地第 3 工区逆算解析結果

#### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 高町の盛土崩壊地より採取した中間土（高町土）の繰返し強度特性を調査した。現地の崩壊土及び未崩壊土の間隙比に調整した繰返し試験を実施した。
- (2) 繰返し試験より，間隙比によって異なる液状化強度曲線が得られた。飽和度を減少させると繰返し強度は増加したが，初期剛性が低下する傾向が得られた。
- (3) 高町の盛土崩壊事例の逆解析より，盛土と原地盤の地層境界が飽和状態にあると，崩壊地

によって多少のばらつきは見られるが，逆算水平震度係数が 0.20 と得られ，今回の地震動によって斜面崩壊が起こり得ることが明らかになった

#### 5. 今後の課題

- ・不飽和土に対する更なる検討
- ・新潟県中越地震による他の盛土崩壊地の調査

#### 参考文献

保坂長寿：新潟県中越地震における宅地造成地被害の調査・研究，長岡技術科学大学学士論文，2006